فیلم های خوراکی: شاخص های کیفی و روش های تولید

سیدامیرمحمد مرتضویان [1*]، محمد حسین عزیزی [2]، سارا سهراب‌وندی [3]

1- عضو هیات علمی دانشکده تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.
2- عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس.
3- عضو هیات علمی انستیتوی تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.
(تاریخ دریافت:88/1/18 **تاریخ پذیرش**: 88/12/3)

چکیده

زیست‌ـکافت بودن (تجزیه پذیر بودن زیستی)، خوراکی بودن و کارآمد بودن فیلم‌های خوراکی سبب شده است که این فیلم ها به عنوان جایگزین های فیلم های سنتزی به طور وسیع مورد مطالعه، پژوهش و کاربرد قرار گیرند. از جمله کاربردهای فیلم های خوراکی در ارتباط با مواد غذایی می توان به پوشش دادن فرآورده‌های قنادی، میوه‌ها و سبزی‌های تازه، برخی فرآورده‌های گوشتی، برخی فرآورده‌های لبنی، شکلات، تنقلات، غلات صبحانه‌ای، طیور و ماهی، فرآورده‌های منجمد، فرآورده‌های خشک شده و خشک شدهٔ انجمادی و نظایر اینها اشاره داشت. کارآیی فیلم های خوراکی به شاخص های کیفی آن ها مربوط می شود. این شاخص ها نیز به نوبه خود از جنس فیلم و روش تولید آن اثر می پذیرند. در این مقاله، شاخص های کیفی فیلم های خوراکی، روش های سنجش این خواص و روش های پایه ای تولید آن ها مورد مرور قرار می گیرد.

کلید واژه گان: بسپار، پوشش، زیست-کافت، فیلم خوراکی

1- مقدمه

فیلم[1]، پوششی یکنواخت و یکپارچه با ضخامت کمتر از 0/01 اینچ است [1]. فیلم های خوراکی [2] که در ارتباط با مواد غذایی کاربرد دارند، زیست‌ـکافت [3] هستند؛ یعنی قابلیت تجزیه شدن به عناصر ساد ه سازنده را به وسیله موجودات ذره‌بینی و ریز زنده‌های خاک دارند. به عبارت دیگر، با چرخه‌های زیستی طبیعی واپاشیده می‌شوند [2و3]. این فیلمها ممکن است تجزیه پذیر [4] یا تجزیه ناپذیر [5] باشند. ترکیبات سلولزی، پکتین، کیتین و کیتوزان از جمله مواد خوراکی هضم‌ناپذیر به شمار می‌آیند [3]. فیلم های خوراکی در اثر گستردن [6] محلول‌های فیلم ساز روی یک سطح و خشک کردن آن پدید می آیند. پوشش های خوراکی [7] در اثر غوطه ور کردن مواد غذایی در محلول های سازنده یا پاشیدن (اسپری کردن) محلول سازنده بر سطح آن ها و در نتیجه، آغشته شدن سطح مواد غذایی ایجاد می شوند.

امروزه، در بسته‌بندی مواد غذایی، فیلم‌های خوراکی به طور روز افزون جایگزین فیلم‌های پلیمری سنتزی می شوند [4]. از آن جمله می‌توان به پوشش دادن انواع این فیلم‌ها بر سطح فرآورده‌های غذایی نظیر فرآورده‌های قنادی [8]، میوه‌ها و

* مسئول مکاتبات: mortazvn@sbmu.ac.ir

1. Film
2. Edible films
3. Biodegradable
4. Digestible
5. Non-digestible
6. Dispense
7. Edible coatings
8. Confectionary

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

سبزی‌های تازه، برخی فرآورده‌های گوشتی، برخی فرآورده‌های لبنی، شکلات، تنقلات [1]، غلات صبحانه‌ای [2]، طیور و ماهی، فرآورده‌های منجمد، فرآورده‌های خشک شده و خشک شدهٔ انجمادی [3] و نظایر اینها اشاره داشت [5 و 14 - 6]. نشاسته و مشتقات آن، سلولز و مشتقات آن، آرابینوزیلان‌ها، گالاکتومانان‌ها، آلژینات، ژلان، لوبیای خرنوب، پکتین، کیتوزان، کاراگینان، کلاژن، ژلاتین، گلوتن گندم، زئین ذرت، پروتئین‌های میوفیبریلی گوشت، پروتئین‌های سویا، پروتئین‌های شیر، پروتئین بادام‌زمینی، پروتئین پنبه‌دانه و فیلم‌های با پایه لیپید از مهمترین مواد مورد استفاده در تهیه فیلم های خوراکی هستند [15].

پوشش محصولات غذایی با فیلم های خوراکی و پوشش های خوراکی، آنها را از مزایای گوناگون از نقطه نظر جنبه‌های سلامت‌بخش، حسی و اقتصادی برخوردار می‌سازد. برخی از مهمترین این مزایا به شرح زیر هستند: به سبب زیست‌کافت بودن، بر خلاف فیلم‌های سنتزی باعث آلودگی محیط زیست نمی‌شوند [16]؛ خود، از ارزش تغذیه‌ای نیز برخوردار هستند [16]؛ مانع فساد و آلودگی میکروبی می‌شوند [19 - 17]؛ فساد و پلاسیدگی [4] میوه‌ها و سبزی‌ها را طی انبارداری به تعویق می اندازند [20 و 21]؛ ظاهر یا جلوهٔ غذا را به نحو مطلوب حفظ می‌کنند [24 - 22]؛ مانع جذب رطوبت یا آبگیری [5] مواد غذایی با رطوبت کم و تبعات منفی ناشی از آن همچون بدبافتی [6] حاصل از تبلور قندها در فرآورده، بدرنگی و جلوگیری از کلوخه شدن [7] پودرها می‌شوند [25]؛ مانع از دست رفتن رایحه غذا می‌شوند [26]؛ مانع قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی مواد غذایی می‌شوند [21 و 27]؛ بر استحکام و یکپارچگی بافت مواد غذایی می‌افزایند [27]؛ از افت ترکیبات مغذی در اثر واکنش های ناخواسته همچون اکسایش و واکنش های قهوه ای شدن جلوگیری می کنند [4 و 27]؛ بدطعمی و بدرنگی و آثار سوء ناشی از آن ها را کاهش می دهند [4، 21، 28 و 29]؛ مانع چکیدن یا تراوش [8] در گوشت می‌شوند [27]؛ به عنوان حامل [9] مواد افزودنی نظیر ترکیبات پادمیکروبی [10]، پاداکسنده‌ها [11]، مواد طعم‌دهنده و رنگ‌ها عمل می‌کنند [30]؛ مانع سبز شدن سطحی سیب‌زمینی در برابر نور می‌شوند [27] و جذب بیش از حد روغن به بافت محصول و خروج بیش از حد آب از آن را طی سرخ کردن به طور چشمگیر کاهش می‌دهند [23 و 31] .

از آنجا که کارآیی فیلم های خوراکی به شاخص های کیفی آن ها مربوط می شود و این شاخص ها نیز به نوبه خود از جنس فیلم ها و روش تولید آن ها اثر می پذیرند، در این مقاله، شاخص های کیفی فیلم های خوراکی و روش های پایه ای تولید آن ها مورد مرور قرار می گیرد.

2- شاخص‌های کیفی فیلم‌های خوراکی

به منظور ارزیابی کیفیت ساختاری ــ کاری فیلم‌های خوراکی، تعریف کردن و قرارداد کردن پاره‌ای شاخص‌های کیفی به همراه تبیین روش‌های سنجش آنها حایز اهمیت است. در این بخش، مهمترین این شاخص‌ها مورد اشاره قرار گرفته‌اند. شاخص‌های مورد بحث را می‌توان به دسته‌های گوناگون شامل شاخص‌های مربوط به خواص ممانعتی، مکانیکی، ظاهری، شیمیایی، ریزساختاری [12]، حسی و نظایر اینها تقسیم کرد.

2- 1- شاخص‌های مربوط به خواص ممانعتی

گازهایی که بررسی خواص ممانعتی فیلم‌ها نسبت به آنها اهمیت دارد عمدتاً شامل اکسیژن، بخار آب و در مواردی دی‌اکسیدکربن هستند. خواص ممانعتی فیلم های خوراکی به گازها / بخارات [13] در صنعت غذا، در شرایطی که جلوگیری از پدیده‌های نامطلوبی نظیر از دست رفتن رایحه، جذب بوهای نامطلوب از محیط، از دست رفتن رطوبت غذا و جذب رطوبت از اتمسفر به غذاهای خشک مطرح باشد، از اهمیت فراوان برخوردار است [32]. به طور کلی فیلم‌های خوراکی به دلیل آبدوست بودن، از خواص ممانعتی مطلوب به O_2 و CO_2 به ویژه در رطوبت نسبی پایین برخوردار هستند [33]. عوامل محیطی دما و رطوبت نسبی سهم مهمی در تعیین میزان تراوایی این فیلم‌ها دارند [34]. در خصوص میوه‌ها و سبزی ها تازه که دارای تنفس هوازی هستند، نفوذپذیری نسبی فیلم‌ها به

1. Snacks
2. Breakfast cereals
3. Freeze-dried
4. Faint
5. Moisture gain
6. Off texture
7. Granules
8. Drip or leach or exudation
9. Carrier
10. Antimicrobial
11. Antioxidants
12. Microstructural
13. Gas/vapor barrier properties (GBP or VBP)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن و نیز سایر گازها نظیر اتیلن ضرورت دارد. حفظ شرایط تنفس پایه و حداقل در میوه‌ها و سبزی ها و در نتیجه کاهش سرعت تصاعد گاز اتیلن به اتمسفر انبار بر طول عمر این محصولات می‌افزاید. قطع کامل تنفس سبب پلاسیدگی زودرس در محصولات یادشده می شود [20 و 21]. زیاد بودن رطوبت در مواد غذایی باعث واکنش‌های شیمیایی و آنزیمی مخرب[1] و زایل شدن[2] بافت آن ها می‌شود [33]. به طور کلی، خواص ممانعتی فیلم‌های زیست ـ پلیمری به رطوبت به دلیل خاصیت آبدوستی آن ها، بر خلاف خواص ممانعتی به اکسیژن و سایر گازها، ضعیف است [35]. ممانعت به جذب رطوبت علاوه بر اثرات یاد شده، از کلوخه شدن طی بسته‌بندی، نگهداری و حمل‌ونقل جلوگیری می‌کند [34]. ممانعت به عبور بخار آب با شاخص «تراوایی بخارآب = WVP[3]» یا «سرعت گذر بخار آب = WVTR[4]» [20 و30] و ممانعت به عبور اکسیژن با شاخص «تراوایی اکسیژن = OP[5]» یا «سرعت گذر اکسیژن = OTR[6] سنجیده می‌شود» [18]. اندازه‌گیری میزان تراوایی به گازها با استفاده از سلول‌های گذر گازی[7] یا نمونه‌برداری مداوم از فضای خروجی فیلم با روش کروماتوگرافی گازی پویا[8] [32] امکان‌پذیر است. شاخص O_iTR[9] نیز به منظور برآورد میزان عبور روغن از فیلم قابل تعریف است. در ارتباط با مواد بودار نیز می‌توان به تعریف شاخص‌های مربوط پرداخت.

2-2- شاخص‌های مربوط به خواص مکانیکی

خواص مکانیکی فیلم‌ها به نیروهای بین مولکولی زنجیرهای پلیمری سازنده آن ها، نسبت ترکیبات سازنده، افزودنیهای اضافه شده و شرایط محیطی بستگی دارد [4، 27 و 34]. مهمترین شاخص‌های سنجش خواص مکانیکی به قرار زیر هستند:

2-2-1- استحکام کششی (TS[10] یا ES[11])

استحکام کششی، حداکثر تنش لازم برای پاره شدن فیلم طی آزمون کششی است. استحکام کششی با دستگاه تجزیه و تحلیل بافت[12] اندازه‌گیری می‌شود [4، 20 و 36]. هنگامی که طول کشیده شدهٔ فیلم تا نقطه پاره شدن آن اندازه‌گیری شود، از اصطلاح «کشیدگی در پارگی = EB[13]» استفاده می‌شود [37 و 38]. در صورتی که نسبت طول کشیده شده فیلم به طول نخستین آن پیش از نقطه پاره شدن به صورت درصد گزارش شود، اصطلاح «درصد کشیدگی = PE[14]» کاربرد دارد [30]. این شاخص را «مقاومت به پاره شدن = TR[15]» نیز نامیده‌اند [30]

2-2-2- مقاومت به سوراخ شدن (PS)[16]

حداکثر تنش لازم برای سوراخ شدن یا پاره شدن[17] فیلم و یا رسیدن به حدی از کشیدگی[18] طی آزمون فشاری[19] با محور[20] است. مقاومت به سوراخ شدن با آزمون نفوذ[21] سنجیده می‌شود. این آزمون روشی مناسب برای سنجش استحکام مکانیکی[22] فیلم است [23، 39 و 40].

2-2-3- خواص شکند (FP)[23]

مقدار نیروی لازم برای آغاز از بین رفتن پیوستگی ساختار جسم (ایجاد شکست ساختاری) در نقاط مختلف بافت است. این خواص با دستگاه بافت سنج[24] اندازه‌گیری می‌شود [35].

2-2-4- مدول الاستیک (EM)[25]

نمایاگر مقدار نیروی لازم برای تغییر شکل جسم الاستیک تا حدی مشخص است. مدول الاستیک با دستگاه بافت سنج اندازه‌گیری می‌شود [41]. کاربرد واژه سختی[26] نیز در این ارتباط مرسوم است [42].

2-2-5- بیشینهٔ بار (ML)

نمایانگر حداکثر نیرویی است که فیلم بدون تغییرشکل تحمل می کند. بیشینهٔ بار با دستگاه بافت سنج سنجیده می‌شود [41].

1. Deteriorative chemical enzymatic reactions
2. Degradation
3. Water vapor permeability
4. Water vapor transmission rate
5. Oxygen permeability
6. Oxygen transmission rate
7. Gas transmission cells
8. Dynamic GC
9. Oil transmission rate
10. Tensile strength
11. Elongation/extension strength
12. Texture analyzer
13. Elongation-at-break
14. Percent elongation
15. Tear resistance
16. Puncture strength
17. Rupture
18. Elongation limit
19. Compressive test
20. Probe
21. Penetration test
22. Mechanical strength
23. Fracture properties
24. Texturometer
25. Elastic modulus
26. Rigidity or toughness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

2-2- 6- مدول ذخیره (E′)[1] و تانژانت زاویه فازی (tan d)[2]

مدول ذخیره نشانگر خاصیت الاستیک جسم در آزمون نوسانی[3] است. تانژانت زاویه فازی بر نسبت مدول افت[4] به مدول ذخیره[5] دلالت دارد. این شاخص ها با دستگاه تحلیل‌گر گرمایی ـ مکانیکی پویا[6] اندازه‌گیری می‌شوند و آزمون انجام شده را تجزیه و تحلیل مکانیکی پویا ـ گرمایی (DMTA)[7] می‌نامند. این آزمون به بررسی اثر تنش‌های مکانیکی پویا همراه با تنش‌های گرمایی بر خواص مکانیکی فیلم‌ها می‌پردازد [43 و 44].

2- 2-7- ویسکوالاستیسیته[8]

ویسکوالاستیسیته نمایانگر دارا بودن هر دو ویژگی ویسکوز و الاستیک در جسم است. این ویژگی از طریق آزمون تنش ــ استراحت[9] ارزیابی می‌شود [45].

2-3- شاخص‌های مربوط به خواص فیزیکی ظاهری

2- 3- 1- شفافیت[10] یا کدری/ماتی[11]

از شفافیت یا کدری گاه تحت عنوان شیشه‌ای بودن[12] و ابری بودن یا مه ـ گون بودن[13] از آن یاد می‌شود [30]. این شاخص با آزمون های طیف سنجی نوری[14] و تفرق نوری[15] مورد سنجش قرار می گیرد [20].

2- 3- 2- تورم‌پذیری[16]

این شاخص که با آزمون تورم‌سنجی[17] اندازه‌گیری می‌شود، نشان دهنده ظرفیت جذب آب یا فاز مایع به وسیله فیلم است [2، 42 و 46].

1. Storage modulus
2. The tangent of the phase angle
3. Oscillatory test
4. Loss modulus
5. Storage modulus
6. Dynamic mechanical thermal analyzer
7. Dynamic-mechanical-thermal analysis
8. Viscoelasticity
9. Stress-relaxation testing
10. Transparency
11. Opacity
12. Gloss
13. Haze
14. Spectrophotometry
15. Light scattering/diffraction
16. Swelling property
17. Swelling test

2-3- 3- ضخامت[18] [34]

ضخامت فیلم ها با دستگاه های ویژه ضخامت سنج تعیین می شود.

2- 3- 4-شاخص‌های مربوط به خواص حسی

این خواص از طریق ارزیابی حسی[19] سنجیده می‌شوند و مهمترین آنها حس‌دهانی[20] و بررسی احتمالی پس- طعم های نامطلوب است [29]. برای مثال ساختار شیمیایی مواد چرب و ساختار بلوری[21] و فشردگی مولکولی[22] برخی از ترکیبات ممکن است سبب ایجاد احساس دهانی نامطلوب مومی[23] شود [29].

2- 4- شاخص‌های مربوط به خواص شیمیایی

از آن جمله می‌توان به پایداری شیمیایی فیلم‌ها نسبت به pH، اسید و حلال‌های آلی، کشش سطحی محلول فیلم‌ساز یا ژل تشکیل شده، حلالیت در آب[24]، چسبندگی[25] به ماده غذایی و سایر مواد دارای تماس خارجی، قابلیت خیس خوردن[26] و تمایل هم‌چسبی[27] فیلم‌ها به یکدیگر در مواد غذایی مرکب که اجزای فیلم پوش شدهٔ آنها در تماس با یکدیگر قرار دارند اشاره کرد [4، 27 و 34]. پایداری امولسیونی فیلم از شاخص‌های با اهمیت دیگر است. عدم پایداری امولسیون در ساختار فیلم به پدیده‌هایی همچون خامه ای شدن[1] و هم‌آمیزی[2] و در نتیجه آن ایجاد ساختار شبه دو لایه[3] منجر می‌شود [47]. گاه چنین پیامدی ممکن است مفید واقع شود. برای مثال شواهد آشکار ساخته‌اند که هر چه میزان پدیده‌های یاد شده در فیلم آرابینوزیلان[4] ــ روغن هیدروژنه

18. Thickness
19. Sensory evaluation
20. Mouthfeel
21. Crystalline structure
22. Packing
23. Waxy mouthfeel
24. water solubility
25. Sticking or adhesion
26. Wetability
27. Agglomeration tendency
1. Creaming
2. Coalescence
3. Bilayer-like
4. Arabionxylane

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

شده هسته خرما ـ امولسیون‌کننده بیشتر باشد، WVP فیلم کاهش می‌یابد.

در پژوهش یاد شده، ساختار شبه دو لایه بر اثر استفاده از دمای بالای خشک کردن ایجاد شد و خواص‌کاری فیلم‌های خوراکی با پایه آرابینوزیلان را بهبود داد [47].

2- 5- شاخص مربوط به خاصیت گرمایی

از جمله این شاخص ها می توان به تخریب گرمایی[5] یا پایداری گرمایی[6]، ضریب انتقال شیشه ای، نقطه ذوب و کریستالی شدن اشاره کرد. روش های سنجش این شاخص ها، گرما ـ ثقل‌سنجی[7]، طیف‌سنجی زیر قرمز (IS)[8] و گرماسنجی تصویربرداری افتراقی (DSC)[9] است [25 و 43]. گاه از واژه تجزیه و تحلیل گرمایی[10] بدین منظور استفاده می‌شود [2 و 46].

2- 6- شاخص‌های مربوط به خواص ریزساختاری

تجزیه و تحلیل ریزساختار[11] فیلم‌ها با استفاده از شاخص‌هایی نظیر جزئیات ساختاری[12] واکنش‌های بین اجزای سازندهٔ فیلم، آرایش زنجیرهای پلیمری و کریستالی شدن آنها، هموارسنجی سطح فیلم و نظایر اینها امکان‌پذیر است [2، 4، 27، 46 و 48]. به منظور مشاهده جزءبه‌جزء اجزای سازنده فیلم، روش‌های SEM[13] [2، 4 و 46]، TEM[14] [43] و AFM[15] [43 و 48] به کار برده شده‌اند. مطالعه آرایش زنجیرهای پلیمری و کریستالی شدن با روش افتراق پرتو X[16] [48] و بررسی واکنش‌های بین اجزای سازنده فیلم با روش‌های افتراق پرتو X و FTIR[17] [23، 30 و 37] امکان‌پذیر است. بررسی همگنی[18] بافت با روش SEM انجام می‌شود [25]. استفاده از روش SEM در مطالعات بافت با دو محدودیت همراه است: نخست اینکه به منظور جلوگیری از اثرات ازدحام بار در نمونهٔ نارسانا[19]، باید سطح نمونه پیش از قرارگیری در مسیر باریکه الکترون[20] با ماده‌ای رسانا پوشش داده شود. دیگر آنکه برای جلوگیری از تبخیر آب بافت طی عملیات، نمونه باید آبزدایی یا منجمد شود. هر دو پدیدهٔ یاد شده باعث ایجاد تغییرات محسوس در ساختار مولکولی نمونه‌ها می‌شوند. در مقابل، روش AFM حالت طبیعی[21] بافت نمونه را بهتر حفظ می‌کند و از این رو در مطالعات دقیق‌تر بافت مورد استفاده دارد [48]. لازم است اضافه شود که روش طیف‌سنجی لومینانس[22] نیز در بررسی جزئیات مولکولی بافت به کار برده شده است [49 و 50].

3- روش‌های تولید فیلم‌های خوراکی

به طور کلی فیلم‌های خوراکی از محلول‌ها یا پراکنش‌ها (دیسپرسیون‌ها)ی ترکیبات فیلم‌ساز[23] پدید می‌آیند [33]. اجزای اصلی فیلم‌سازی را می‌توان به سه بخش شامل حلال، پلیمر/ پلیمرهای با وزن مولکول بالا و نرم کننده[24] تقسیم کرد. ریخت‌سازها باید همچون پلیمرها محلول در حلال و نیز با آنها قابل امتزاج باشند [42 و 48]. تولید فیلم مستلزم وجود دست کم یک ترکیب پلیمری است که قادر به ایجاد ساختار شبکه‌ای[25] با استحکام و پیوستگی کافی باشد [51]. در ارتباط با تولید فیلم‌های خوراکی، نکات و ظرایف فراوان وجود دارند که هر یک بر خواص نهایی فیلم‌های تولید شده اثر قابل ملاحظه دارند. از جمله آنها می‌توان به اثر عواملی نظیر جنس و غلظت پلیمر فیلم‌ساز، pH محلول لفاف‌ساز، دما، زمان، قدرت یونی محلول فیلم‌ساز، نوع و مقدار افزودنی‌های مورد استفاده، فشار، نوع ترکیب‌بندی فیلم از نظر ساده یا مرکب بودن و مخلوط یا لایه‌ای بودن (قرارگیری دو یا چند لایه مجزا روی یکدیگر یا مخلوط شدن اجزا)، جزییات مربوط به خواص شیمیایی هر یک از اجزای فیلم‌ساز، حضور الکترولیت‌ها و روش تولید فیلم اشاره داشت [5، 20، 48 و 52]. برای مثال، در ارتباط با غلظت پلیمر فیلم‌ساز دانسته شده است که محلول‌های WPI با غلظت 8%> تشکیل فیلم نمی‌دهند، زیرا پس از خشک کردن، نیروهای بین مولکولی

5. Thermal degradation
6. Thermal stability
7. Thermogravimetry
8. Infrared spectroscopy
9. Differential scanning calorimetry
10. Thermal analysis
11. Structural analysis
12. Detail structure
13. Scanning electron microscopy
14. Transmission electron microscopy
15. Atomic force microscopy
16. X-ray diffraction
17. Fourier-transform infrared spectroscopy
18. Homogeneity
19. Nonconductive-specimen charging effects
20. Electron beam
21. Natural state
22. Luminescence spectroscopy
23. Film-forming agents
24. Plasticizer
25. Structural matrix

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

برای تشکیل فیلم کافی نخواهند بود. غلظت 11%< نیز به تولید ژل طی گرما دادن می‌انجامد. از این رو غلظت‌های 12%ـ 8 در این ارتباط بهینه شناخته شده‌اند [53]. در ارتباط با جزییات مربوط به خواص شیمیایی اجزا می‌توان به تولید فیلم از شیر خشک بی‌چربی [1] اشاره داشت که طی این فرآیند، تبلور لاکتوز از تشکیل فیلم جلوگیری می‌کند [54]. دما بر دناتوره کردن پروتئین‌ها از شکل کروی به شکل رشته‌ای و نیز ایجاد برخی اتصالات عرضی میان ـ مولکولی اثر دارد. دماهای بالا ممکن است آبکافت [2] رشته‌های پروتئینی و افزایش حلالیت آنها را سبب شوند [5 و 55]. برای مثال، در مورد نقش تعیین‌کننده دما دانسته شده است که دمای 75°C به مدت زمان 30 دقیقه برای تشکیل فیلم‌های مناسب پروتئین‌های آب پنیر لازم است [53]. ریخت‌سازها از طریق کاهش نیروهای جاذبه بین مولکولی سبب کاهش شکنندگی [3] و افزایش انعطاف‌پذیری [4] فیلم می‌شوند. نیز بر شاخص‌های مقاومت به پاره شدن، مقاومت کششی و سختی آن اثر می‌گذارند [42]. شکل 1 نمایانگر مراحل تولید فیلم‌های خوراکی است. تولید این فیلم‌ها را می‌توان در دو قسمت شامل تشکیل فیلم به صورت مجزا و تشکیل فیلم به طور مستقیم بر سطح غذا مورد بررسی قرار داد. در حالت نخست، ابتدا فیلم ساخته شده و سپس بر سطح ماده غذایی پوشش داده می‌شود، حال آنکه در حالت دوم تشکیل فیلم و پوشش‌دهی آن بر سطح غذا در یک مرحله صورت می‌گیرد. هر یک از روش‌های بالا که مورد استفاده قرار گیرند، نخستین مرحله در تولید فیلم، تهیه محلول فیلم‌ساز [5] است. این محلول، حلال، پلیمر فیلم‌ساز و افزودنی‌ها (از جمله ریخت‌سازها) را شامل می‌شود [52]. محلول فیلم‌ساز ممکن است از نوع تک‌ترکیب یا مخلوط (امولسیون) باشد. در شیوهٔ تشکیل مجزای فیلم، محلول فیلم‌ساز پس از تهیه شدن با یکی از روش‌های لایه‌سازی [6] یا ریخته گری [7]، گسترانده [8] و خشک می‌شود. فیلم حاصل با روش‌های روکش‌دادن [9] بر سطح ماده غذایی پوشش داده می‌شود. معادل این شیوه‌ها در روش پوشش‌دهی مستقیم فیلم بر غذا، شیوه‌های افشانی [10]، لایه‌سازی، برس زنی [11]، غرقابی یا غوطه‌وری [12] و پوشش‌دهی با بسترسیال [13] را شامل می‌شود [5، 29-26، 36، 40 و 51]. در تهیه محلول‌های امولسیون دارای چربی باید دقت شود که دمای امولسیون بالاتر از نقطه ذوب چربی و کمتر از نقطه ژلاتینه شدن پروتئین یا پلی‌ساکارید و نیز نقطه فراریت [14] حلال باشد [35]. همچنین باید توجه داشت که تولید فیلم‌های امولسیون با سرعت بیشتر انجام شود، در غیر این صورت ممکن است طی خشک کردن فیلم، ترکیبات لیپیدی در سطح آن مجتمع شوند [35]. روش‌های پوشش‌دهی مستقیم محلول فیلم‌ساز بر سطح غذا از اهمیت خاص برخوردار هستند. گفته شده است که استفاده از شیوه غرقابی یا غوطه‌وری بر شیوهٔ افشانی ترجیح دارد، از این رو که به ایجاد پوشش یکنواخت [15] می‌انجامد [40]. نیز دانسته شده است که شیوهٔ برس مالی در مورد پوشش‌دهی فیلم‌های خوراکی با پایه سلولز بر توت فرنگی و دانه‌ها [16] در مقایسه با روش‌های روکش دادن و غرقاب کردن بهترین نتیجه را به دست می‌دهد و از دست دادن رطوبت در این محصولات را به حداقل می‌رساند [56]. از شیوهٔ بسترسیال به دلیل چندکارگی [17] و سهولت [18] بیشتر در ارتباط با شکل و ابعاد مواد غذایی در صنعت غذا کاربرد روبه رشد یافته است. نیز پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مشکل هم‌چسبی ذرات غذا پس از پوشش یافتن با این روش (در شرایط افشاندن از بالا) در مورد صمغ‌ها از جمله لوبیای خرنوب، کربوکسی متیل سلولز (CMC) و آلژینات سدیم به حداقل می‌رسد [27]. شیوهٔ بسترسیال در واقع ترکیب دو فرآیند سیال‌سازی ذرات و تکه‌های مواد غذایی و افشاندن محلول فیلم‌ساز است. این محلول ممکن است از بالا، پایین یا به صورت زاویه‌دار (مورب) افشانده شود که به ترتیب عنوان های «بسترسیال ـ با افشاندن از بالا [1] / با افشاندن از پایین [2] و با افشاندن مورب [3]» را به خود می‌گیرد. این روش برای ریزپوشانی نیز کاربرد دارد [27].

1. Non-fat dry milk
2. Hydrolysis
3. Brittleness
4. Flexibility
5. Film-Forming solution
6. Lamination
7. Casting
8. Extend
9. Wrapping
10. Spraying
11. Brushing
12. Dipping/immersion
13. Fluidized bed
14. Solvent volatilization
15. Even coat
16. Beans
17. Versatility
18. Simplicity
1. Top-spray fluidized bed processing
2. Bottom-spray
3. Tangential-spray

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

قالب‌ریزی محلول‌های فیلم‌ساز برای تشکیل فیلم به شیوه‌های گوناگون امکان‌پذیر است. یکی از راه های آن قالب‌ریزی این محلول بر یک صفحه مسطح [4] یا لاوک‌های پخت تفلن ـ پوش [5] و سپس خشک کردن در کوره یا فر [6] است. در صورتی که محلول فیلم‌ساز غلیظ و گرانرو [7] باشد (مانند تفکیک شده پروتئین سویا)، شفته [8] نامیده می‌شود و باید بر سطح قالب گسترده [9] شود [5]. راه دیگر پرس‌کردن داغ ضمن روزن‌رانی [10] است [26 و 28]. فیلم های قالب‌ریزی شده دارای معایبی هستند که از آن جمله می‌توان به دشواری در صنعتی‌کردن این روش در مقیاس‌کلان و نیز دشواری در چسبندگی و پوشش ـ بست [11] فیلم بر سطح مواد غذایی اشاره کرد [29].

آخرین مرحله در تولید فیلم، خشک کردن آن است. در بیشتر موارد، خشک کردن پس از گستراندن محلول فیلم‌ساز توسط هوا انجام می‌شود (24 ساعت در دمای اتاق). اما به منظور سرعت بخشیدن به کار، خشک کردن با دمای کوره و ریزموج [12] نیز به کار برده شده است [5 و 20]. استفاده از دماهای بالای خشک کردن مطلوب نیست، زیرا با تبخیر سریع و بیش از اندازهٔ فیلم و در نتیجه آن پیدایش نقایصی همچون منافذ ریز [13]، ناهمگنی [14]، کدر شدن و زرد شدن فیلم همراه می‌شود [33 و40]. طی فرآیند تولید فیلم، ممکن است از برخی فرآیندهای اصلاح‌کننده نظیر پرتودهی γ [15]، در معرض امواج فراصوت [16] قرار دادن و جهت‌دهی [17] استفاده شود. پرتودهی γ به ایجاد اتصالات جانبی میان زنجیرهای پلیمری سازنده فیلم و در نتیجه بهبود خواص مکانیکی ـ ممانعتی آن و همچنین استریل شدن فیلم منجر می‌شود [17 و 23]. جهت‌دهی از طریق تحت کشش قرار دادن فیلم باعث ردیف شدن و همسو شدن زنجیرهای پلیمری در کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها و همچنین بلورها (کریستال‌ها) در چربی ها می‌شود و از این طریق خواص مکانیکی فیلم را بهبود می‌دهد [33].

امواج فراصوت نیز می‌توانند از خواص اصلاح‌کننده بر فیلم‌ها برخوردار باشند [57 و 58]. لازم به توضیح است که تولید فیلم‌ها باید در شرایط پادعفونی یا اسپتیک [18] انجام شود تا فیلم‌های تولید شده استریل باشند [38].

4- نتیجه‌گیری

فرآیند طراحی و تولید فیلم‌های خوراکی از پیچیدگی خاصی برخوردار است، از آن رو که طراحی و توسعه کارآمد آن به همکاری مشترک حوزه‌های شیمی، رئولوژی، ایمن‌شناسی، مهندسی مواد غذایی، تغذیه و فن‌آوری فرآورده‌های غذایی نیاز دارد. به رغم پژوهش‌های بسیار گوناگون انجام شده در این ارتباط، هنوز جای کار و پژوهش گسترده وجود دارد. طراحی و کاربست شیوه‌های بهینه و نوین تولید فیلم‌های خوراکی و مطالعه دقیق‌تر اثر فرآیند بر خواص مکانیکی، ممانعتی و ظاهری آنها، ساخت و استعمال فیلم‌های ویژه هر فرآورده، بررسی جذب سطحی مواد بودار و سایر ترکیبات به فیلم، مهاجرت افزودنی‌ها از فیلم به توده غذا، نفوذپذیری انواع ترکیبات از محیط غذا به بیرون و از بیرون به محیط غذا از خلال فیلم‌های گوناگون، مطالعه دقیق‌تر خواص ایمن‌شناختی و تغذیه‌ای فیلم‌ها و اثر فرآیندهای گوناگون تولید و نگهداری بر تغییرات آنها، بررسی و بهبود خواص حسی فیلم‌ها، تهیه اقتصادی‌تر فیلم‌ها چه از نظر فرآیند تولید و چه از نظر ترکیبات فیلم‌ساز، تبیین و کاربرد روش های بهینه سنجش خواص کیفی فیلم ها از نقطه نظرات دقت، سرعت و سهولت و بهبود شیوه های تولید، همگی از جمله مواردی هستند که بر ضرورت انجام پژوهش بیشتر و گسترده‌تر در این حوزه صحه می گذارند.

4. Flat plate
5. Teflon-coated baking pans
6. Oven
7. Viscose
8. Slurry
9. Spread
10. Extrusion and hot pressing
11. Coat-seal
12. Microwave
13. Pinholes
14. Non-uniformity
15. γ-irradiation
16. Ultrasound
17. Orientation
18. Aseptic

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

5- منابع

[1] Ouattara, B., Simard, R. E., Piette, G., Begin, A. and Holley, R. A. 2000. Diffusion of acetic and propionic acids form chitosan-based antimicrobial packaging films. Journal of Food Science, 65: 768-773.

[2] Figueiro, S. D. Goes, J. C., Moreira, R. A. and Sombra, A. S. B. 2004. On the physico-chemical and dielectric properties of glutaraldehyde crosslinked galactomannam-collagen films. Carbohydrate Polymers, 56: 313-320.

[3] Liu, C. C., Tellez – Garay, A. M. and Castell-Perez, M. E. 2004. Physical and mechanical properties of peanut protein films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37: 731-738.

[4] Lee, K. Y. Shim, J. and Lee, H. G. 2003. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. Carbohydrate Polymers, 56: 251-254.

[5] Brandenburg, A. H., Weller, C. L. and Testin, R. F. 1993. Edible films and coatings form soy protein. Journal of Food Science, 58: 1086-1089.

[6] Wanstedt, K. G., Seideman, S. C., Donnelly, I. S. and Quenzer, N. M. 1981. Sensory attributes of precooked, calcium alginate – coated park patties. Journal of Food Protection, 44: 732-735.

[7] Stuchell, Y. M. and Krochta, J. M. 1995. Edible coating on frozen ding salmon: Effect on whey protein isolates and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. Journal of Food Science, 60: 28-31.

[8] Hwang, K. T., Rhim, J. W. and Park, I. J. 1997. Effects of k-carrageenan-based film packaging on moisture loss and lipid oxidation of mackerel mince. Korean Journal of Food Science and Technology, 29: 390-393.

[9] Allen, I, Nelson, A. L., Steinberg, M. P. and McGill, J. N. 1963. Edible corn-carbohydrate food coating II. Evaluation on fresh meat porducts. Food Technology, 17: 1442-1446.

[10] Gennadios, A., Hanna, M. A. and Kurth, L. B. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 30: 337-350.

[11] Williams, S. K., Oblinger, J. L. and West, R. L. 1978. Evaluation of a calcium alginate film for use on beef cuts. Journal of Food Science, 43: 292-296.

[12] Lazarus, C. R., West, R. L., Oblinger, J. L. and Palmer, A. Z. 1976. Evaluation of a calcium alginate coating and a protective plastic wrapping for the control of carcass shrinkage. Journal of Food Science, 41: 639-641.

[13] Meyer, R. C., Winter, A. R. and Weiser, I. I. 1959. Edible protective coatings for extending the shelf life of poultry. Food Technology, 13: 146-148.

[14] Rice, J. 1994. What's new in edible films? Food Processing, 55: 61-62.

[15] Mortazavian, A. M., Azizi, H. and Sohrabvandi, S. 2009. A review: Applicatinal edible films in food. Iranian Journal of Food Science and Technology. Accepted for publication.

[16] Dewettinck, K., Deroo, L., Messen, W. and Huyghebaert, A. 1998. Agglomeration tendency during top-spray fluidized bed coating with gums. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 31: 576-584.

[17] Ouattara, B., Canh, L. T., Vachon, C., Mateescu, M. A. and Lacroix, M. 2002. Use of γ-radiation the chemical stability of milk protein films. Radiation Physics and Chemistry, 63: 821-825.

[18] Ayranci, E. and Tunc, S. 2002. A method for the measurement of the Oxygen permeability and the development of edible films tol reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. Food Chemistry, 80: 423-431.

[19] Coupland, J. N., Shaw, N. B., Monahan, F. J., O'Riordan, E. D. and O'sullivan, M. 1999. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. Journal of Food Engineering, 43: 25-30.

[20] Kaya, S. and Kaya, A. 1999. Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. Journal of Food Enginering, 43: 91-96.

[21] Ozdemir, M. and Floros, J. D. 2000. Analysis and modeling of potassium sorbate diftusion through edible whey protein films. Journal of Food Engineering, 47: 149-135.

[22] Foulk, J. A. and Bunn, J. M. 2000. Properties of compression-molded acetylated soy protein films. Industrial Crops and Products, 14: 11-22.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

Gum) based edible films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 33: 63-67.
[35] Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A. M. and Stading, M. 2001. Improved water vapor barrier of whey protein film, by addition of an acetylated monoglyceride. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3: 81-92.
[36] Chick, J. and Ustunol, Z. 1998. Mechanical and barrier properties of lactic acid and rennet precipitated casein-based edible films. Journal of Food Science, 63: 1024-1027.
[37] Xu, Y. X., Kim, K. M., Hanna, M. A. and Nag, D. 2004. Chitosan – starch composite film: preparation and characterization. Industrial Crops and Products, 21:185-192
[38] Banerjee, R., Chen, H. and Wu, J. 1996. Milk protein-based edible film mechanical strength changes clue to ultrasound process. Journal of Food Science, 61: 824-828.
[39] Rhim, J. W., Gennadios, A., Weller, C. L., Cezeirat, C. and Hanna, M. A. 1998. Soy protein isolate-dialdehyde strach films. Industrial Crops and Products, 8: 195-203.
[40] Rayner, M., Ciolfi, V., Maves, B., Stedman, P. and Mittal, G. S. 2000. Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 777-782.
[41] Longares, A., Monahan, F. J., O'Riordan, E. D. and O'Sullivan, M. 2004. Physical properties and sensory evaluation of WPI films of varying thickness. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37: 545-550.
[42] Mahmoud, R. and Savello, P. A. 1992. Mechanical properties and water vapor permeability through whey protein films. Journal of Dairy Science, 75: 942-946.
[43] Simon-Lukasik, K. V. and Ludescher, R. D 2004. Erythrosin B phosphorescence a probe of Oxygen diffusion in amorphous gelatin films. Food Hydrocolloids, 18: 621-630.
[44] Fama, L., Rojas, A. M., Goyanes, S. and Gerschenson, L. 2005. Mechanical properties of tapico-starch edible films containing sorbates. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 38: 631-639
[45] Shellhammer, T. H., Rumsey, T. R. and Krochta, J. M. 1997. Viscoelastic properties of edible lipids. Journal of Food Engineering, 33: 305-320.
[23] Lacroix, M. Le, T. C., Ouattara, B., Yu, H., Letendre, M., Sabato, S. F., Mateescu, M. A. and patterson, G. 2002. Use of γ-irradiation to produce films from whey, casein and soya proteins structure and functionals characteristics. Radiation Physic and Chemistry, 63: 827-832.
[24] Holownia, K. I., Erickson., M. C., Chinnan, M. S. and Eitenmiller, R. R. 2000. Tocopherol losses in peanut oil during pressure frying of marinated ckicken strips coated with edible films. Food Research International, 34: 77-80.
[25] Barreto, P. L. M., Pires, A. T. N. and Soldi, V. 2002. Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. Polymer Degradation and Stability, 79: 147-152.
[26] Arvanitoyannis, I. and Biliaderis, C. G. 1998. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methyl cellulose and soluble starch. Carbohydrate Polymers, 38: 47-58.
[27] Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Application: Gum technology in the food and other industries. Chapman & Hall, UK.
[28] Cho, S. Y., Park, J. W. and Rhee, C. 2001. Properties of laminated films form whey powder and sodium caseinate mixtures and zein layers. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 35: 135-139.
[29] Biquet, B. and Labuza, T. P. 1988. Evaluation of chocolate films as an edible moisture barrier, Journal of Food Science, 53: 989-998.
[30] Shaw, N. B., Monahan, F. J., O'Riordan, E. D. and O'sullivan, M. 2001. Effect of soy oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. Journal of Food Engineering, 51: 299-304.
[31] Greener, I. K. and Fennema, O. 1989. Evaluation of Edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. Journal of Food Science, 54: 1400-1406.
[32] Debeaufort, F. and Voilley, A. 1994. Aroma compound and water vapor permeability of edible films and polymeric packagings. Journal of Agricultural Food Chemistry, 42: 2871-2875.
[33] Kester, J. J. and Fennema, O. 1976. Edible films and coatings: A review. Journal of Food Science, 40: 47-59.
[34] Aydinli, M. and Tutas, M. 1999. Water sorption and water vapor permeability properties of polysaccharide (Locust Bean

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

[46] Lieberman, E. R. and Gilbert, S. G. 1973. Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plastisizer content. Journal of Polymer Science, 41: 33-43.

[47] The, D. P., Debeaufort, F., Peroval, C., Despre, D., Courthaudon, J. T. and Voilley, A. 2002. Arabinoxylan – Lipid – based edible films and coatings. 3. Influence of drying temperature on film structure and functional properties. Journal of Agriculture and Food chemistry, 50: 2423-2428.

[48] Lent, L. E., Vanasupa, L. S. and Tong, P. S. 1998. Whey protein edible film structures determined by atomic force microscope. Journal of Food Science, 63: 824-827.

[49] Lakowicz, J. R. 1999. Principles of fluorescence spectroscopy. Plenum Press, New York, USA.

[50] Slavik, J. 1994. Fluerescent probes in cellular and molecular biology, Boca Raton, FL, CRC Press, USA.

[51] Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito, C., Sorrention, A., Masi, P. and Porta, R. 2003. Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. Journal of Biotechnology, 102: 191-198.

[52] Cug, B., Aymard., C., Cuq, J.L. and Guibert, S. 1995. Edible packaging films based on fish myofibrillar porteins. Journal of Food Science, 6: 1369-1374.

[53] McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994. Sorbitol-and glycerol – plasticized whey protein edible films. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 42: 841-845.

[54] Maynes, J. R. and Krochta, J. M. 1994. Properties of edible films from total milk protein. Journal of Food Science, 59: 909-911.

[55] Bain, W. M., Circle, S. J. and Olson, R. A. 1961. Synthetic and Protein Adhesives for Paper Coating.TAPPI, New York, USA.

[56] Ayranci, E. and Tunc, S. 1997. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and stranberries. Z Lebensm Unters Forsch A, 205: 470-473.

[57] Yuki, E. and Ishikawa, Y. 1976. Tocopherols of nine vegetable frying oils and their changes under simulated deep fat frying conditions. Journal of the American Oil Chemist Societry, 53: 673-676.

[58] Kester, J. J. and Fennema, O. 1989. An edible film of lipids and cellulose ethers. Journal of Food Science, 54: 1391-1392.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]

Edible films: Qualitative parameters and production methods

Mortazavian, A. M. [1*], Azizi, M. H. [2], Sohrabvandi, S. [3]

1. Department of Food Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology/National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University
2. Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
3. Department of Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University

(Received:88/1/18 Accepted: 88/12/3)

Being biodegradable, edible and efficient have caused edible films to be widely investigated and used as a good replacement for synthetic materials in packaging of food products. Coating confectionaries, fresh fruits and vegetables, some meat products, some dairy products, chocolate, snacks, breakfast cereals, fish and poultries, frozen products, dried and freeze dried products are from those food materials that are regularly coated by edible films. The efficiency of edible films depends on their quality parameters, the latter are principally affected by the type of film-producing materials as well as its method of preparation. This article reviews quality parameters of edible films, their test methods and principal production techniques.

Keywords: Biodegradable, Coating, Edible film, Polymer

[*]Corresponding author E-mail address: mortazvn@sbmu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-07]